

ack

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T/NOFORN

PROCESSING COPY

25X1

COUNTRY East Germany

REPORT

SUBJECT Article on the Mass Spectrometer
by Dipl. Ing. Fritz Bernhard of
the Institut Miersdorf

DATE DISTR.

7 JUL 1958

NO. PAGES 1

REFERENCES RD

DATE OF
INFO.PLACE &
DATE ACQ

25X1

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

25X1

article entitled
Das Massenspektrometer by Dr. Fritz Bernhard, technical director
and chief of the Isotopes Separator Group, Institut Miersdorf.
Dr. Bernhard's specialties are mass spectography, Van de Graaff
generators, radiation counters, and high voltage. The article
appeared in a March 1958 issue of Wissen und Leben.
(One bound extract from Wissen und Leben)

Comment: Detached from the covering report, the attachment
is not classified.

25X1

25X1

S-E-C-R-E-T/NOFORN

STATE	<input checked="" type="checkbox"/>	ARMY	<input checked="" type="checkbox"/>	NAVY	<input checked="" type="checkbox"/>	AIR	<input checked="" type="checkbox"/>	FBI	<input checked="" type="checkbox"/>	AEC					
-------	-------------------------------------	------	-------------------------------------	------	-------------------------------------	-----	-------------------------------------	-----	-------------------------------------	-----	--	--	--	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

Das Massenspektrometer

Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. F. BERNHARD, Berlin

Das Resultat einer quantitativen Metallanalyse oder die Kenntnis der Zusammensetzung des Endproduktes einer Großhydrieranlage ist für die Stahlerzeugung bzw. für die synthetische Benzinherstellung von größter volkswirtschaftlicher Bedeutung. Deshalb war und ist es das Bestreben der Wissenschaftler und Ingenieure, Methoden und Apparate zu entwickeln, die diese Arbeit nach Möglichkeit automatisch erledigen und das Ergebnis registrieren.

Im allgemeinen sendet jedes Element je nach Art der verwendeten Lichtquelle sehr viele Spektrallinien aus, deren relative Intensität vom Betriebszustand und von der Art der Lichtquelle abhängt und außerdem noch durch andere Elemente beeinflusst wird. Daher erfordert die richtige Deutung eines optischen Spektrums großes Fachwissen und Erfahrung.

Das erste in diesem Sinne erfolgreich angewandte Verfahren war die optische Spektralanalyse. In der Vergangenheit wurden von Wissenschaftlern und Technikern in verschiedenen Ländern solche Anlagen entwickelt, die in den großen metallurgischen und chemischen Werken quantitative Vollanalysen automatisch durchführen. Bei modernen Ultrarotspektrometern erfolgt bereits eine automatische Deutung, so daß sich direkt auf einer Skala z. B. der Gehalt an Kohlenwasserstoffen ablesen läßt.

In den letzten 20 Jahren wurde eine Methode entwickelt, die wesentlich größere Chancen als die optische Spektralanalyse hat, einmal die Arbeit des analytischen Chemikers zu übernehmen: die Massenspektrometrie. Die Entwicklung von Analysenautomaten auf massenspektrometrischer Basis befindet sich heute noch in vollem Fluß; der schnelle Abschluß der Entwicklung und damit der Zeitpunkt ihres Einsatzes in der Praxis wird vor allem von der Findigkeit der Wissenschaftler und Konstrukteure abhängen.

Das Prinzip des Massenspektrometers

Schickt man Ionen (geladene Atome) im Hochvakuum in ein homogenes Magnetfeld, so beschreiben sie kreisförmige Bahnen.

Werden nun Ionen verschiedenen Atomgewichtes, die aber alle durch die gleiche Spannung U beschleunigt wurden, in Form eines engen Bündels in ein solches homogenes Magnetfeld hinein-

geführt, so ist der Krümmungsradius der einzelnen Ionensorten proportional der Wurzel aus ihrem Atomgewicht:

$$\rho \sim \sqrt{M}.$$

Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, ein Ionenmisch in die einzelnen Ionensorten zu zerlegen. Darüber hinaus ist in Bild 1 deutlich zu sehen, daß sich die divergent von Q ausgehenden Ionenstrahlen ein und derselben Masse nach 180° Ablenkung wieder sammeln. Man sagt, sie werden fokussiert. Die einzelnen Ionensorten können nun hier in der Fokusebene einzeln registriert werden, z. B. dadurch, daß man sie auf einer Fotoplatte auffängt. Apparate, die mit dieser Art der Registrierung arbeiten, nennt man Massenspektrographen. Man kann aber auch einen sogenannten Auffänger (A) an irgendeinem Ort der Fokusebene anbringen. Ändert man die Stärke des Magnetfeldes langsam, so wandern der Reihe nach die einzelnen Ionensorten über den Auffänger, und man kann den jeweiligen Ionenstrom mit Hilfe eines Registriergerätes messen und aufschreiben. Apparate, die nach dieser Methode arbeiten, nennt man Massenspektrometer. Jede der beiden Methoden hat ihre besonderen Anwendungsgebiete. Für den technischen Einsatz ist die bei dem Massenspektrometer erfolgende Sofortanzeige dem fotografischen Nachweis vorzuziehen. Hierin liegt die Begründung für die ausschließliche Verwendung derartiger Geräte in der Technik.

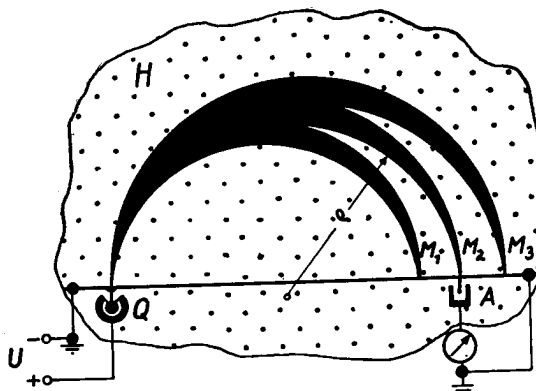


Bild 1: Zerlegung und Fokussierung eines Ionenstrahles in die einzelnen Massen durch ein homogenes Magnetfeld

Der Aufbau des Massenspektrometers

Prinzipiell besteht das Massenspektrometer aus drei Hauptteilen:

dem System zur Erzeugung der Ionenstrahlen,
dem Analysator,
dem Ionenstrahldetektor.

Hinzu kommen noch eine Reihe von Hilfsapparaten, z. B. eine Hochvakuumanlage, elektronische Regler und Stabilisatoren.

Wir wollen zunächst von dem System zur Erzeugung von Ionenstrahlen sprechen. Von den vielen möglichen Varianten zur Erzeugung von Ionen ist die Elektronenstoßionenquelle am verbreitetsten. Sie arbeitet folgendermaßen (Bild 2): Die aus einer bandförmigen Glühkathode (1) aus-

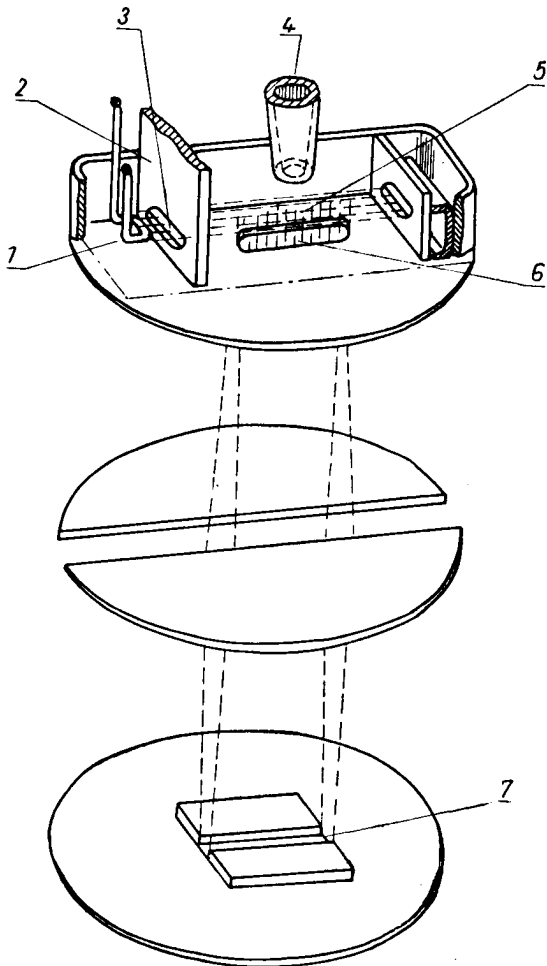


Bild 2: Innenansicht der Ionenquelle zur Erzeugung des Ionenstrahles. Die Erzeugung, Ablenkung und Detektierung der Ionen erfolgt im Innern eines hochevakuierten Metallgefäßes (etwa 10^{-7} mm Hg)

tretenden Elektronen werden durch die zwischen Kathode und Ionisatorkästchen (2) liegende Spannung abgesaugt und treten durch den Schlitz (3) als bandförmiger Elektronenstrahl in das Kasteninnere ein. Die zu analysierende Probe liegt entweder in gasförmiger oder doch leicht verdampfbare Form vor und wird unter einem Druck von 10^{-3} bis 10^{-5} mm durch ein Rohr (4) dem Ionisatorkästchen zugeführt. Die Elektronen ionisieren einen Teil der Dampfmoleküle längs ihres Weges durch das Kästchen. Die Ionisierung kommt dadurch zustande, daß die schnellen Elektronen ein Elektron aus dem Molekül herausschlagen. Hierdurch wird das Molekül zu einem positiv geladenen Ion. Die gebildeten Ionen (5) werden mit Hilfe der Absaugspannung aus einer seitlichen Öffnung (6) des Ionisatorkästchens abgesaugt und mit Hilfe der Beschleunigungsspannung (2000 V) beschleunigt. Mit dieser Energie trifft das Ionenbündel auf den engen Eintrittsspalt des Massenspektrometers (7), der einen 0,1 bis 0,2 mm breiten und 8 bis 10 mm hohen Ionenstrahl ausblendet.

Die Zerlegung des Ionenstrahles in ein Ionenpektrum und die Fokussierung in scharfe Massenlinien erfolgt mit Hilfe des Analysators. Wie schon erwähnt, könnte man hierfür durchaus ein homogenes Magnetfeld benutzen, denn wenn man die Ausdehnung des magnetischen Feldes groß genug macht, beschreiben alle Ionen Kreisbahnen; wie in Bild 1 zu erkennen, werden die einzelnen Teilstrahlen nach 180° Ablenkung auf engstem Querschnitt fokussiert. Massenspektrometer dieser Art werden z. Z. auch hergestellt. Ein großer Nachteil dieser Konstruktion ist der oft über 1 t schwere Elektromagnet. Die gleiche Zerlegung und Fokussierung kann man aber auch mit einem sogenannten magnetischen Sektorfeld erreichen. In Bild 3 ist seine Wirkungsweise gezeigt. Diese Anordnung hat einige wesentliche Vorteile. Zunächst beträgt das Gewicht des für die Erzeugung des magnetischen Sektorfeldes erforderlichen Elektromagneten nur noch etwa 30 bis 60 kg. Außerdem befinden sich aber sowohl Ionenquelle als auch Auffänger außerhalb des Magnetfeldes, und daher wird der konstruktive Aufbau wesentlich einfacher. Ein technisches Gerät dieses Typs mit einem magnetischen Sektorfeld von 60° wurde erstmalig von A. O. Nier 1940 angegeben. Es ist das Vorbild der Mehrzahl der zur Zeit im Einsatz befindlichen technischen Massenspektrometer. In der Praxis kommen Sektorfelder von 60° bis 90° vor.

In der Ebene der engsten Einschnürung des Ionenstrahles nach seinem Austritt aus dem Magnetfeld – in der Fokusebene – befindet sich der Ionendetektor. Er besteht aus einem Austrittsspalt, der bei einer Breite von 0,1 bis 0,3 mm ebenfalls 10 bis 15 mm hoch ist, und dem eigentlichen Auffängerkästchen.

Da die Ionenquelle nur sehr schwache Ionenströme liefert, können die den einzelnen Massen zugehörigen Teilströme nicht direkt mit Hilfe von Instrumenten gemessen werden. Die Ströme, die registriert werden müssen, betragen 10^{-13} bis 10^{-9} A und werden mit komplizierten, aber sehr zuverlässigen Röhrenverstärkern so weit verstärkt, daß sie mit Stromschreibern, wie sie in der Technik zur Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufes der Temperatur in Industrieöfen benutzt werden, aufgezeichnet werden können. Als Beispiel ist in Bild 4 ein modernes technisches Massenspektrometer abgebildet, wie es im Institut für Gerätebau der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin unter der Leitung des Verfassers hergestellt wurde. Das Gerät wurde auf der vorjährigen Frühjahrsmesse ausgestellt. Nach seinem Muster wurden im Jahre 1957 sechs Massenspektrometer gebaut. Die Anlage besteht aus dem Schrank, in dem die gesamte Elektronik für die Speisung und Messung untergebracht ist, und einem Tisch, der das eigentliche Massenspektrometer mit der Vakuumanlage und dem Elektromagneten trägt. Das in der Mitte des Schaltpultes sichtbare Oszillographenrohr dient dazu (nach einem vom Verfasser und W. Schütze angegebenen Verfahren), Teile des Massenspektrums unmittelbar sichtbar zu machen.

Die Durchführung einer massenspektrometrischen Analyse

Zunächst wird ein Probekölbchen mit der zu analysierenden Substanz, z. B. einer Benzinprobe, an die Gaseinlaßapparatur des Massenspektrometers angeschlossen. Öffnet man ein Reduzierventil zwischen Kölbchen und Ionisator-kästchen, so strömt eine winzige Menge Benzin in dampfförmigem Zustand in die Ionenquelle ein und wird dort ionisiert. Mit Hilfe einer automatischen Regeleinrichtung läßt man den Strom, der das Magnetfeld erzeugt, langsam zunehmen. Dies hat zur Folge, daß die Krümmungsradien aller Ionenbahnen langsam kleiner werden. Dadurch wandern der Reihe nach zuerst die leichteren und dann die schwereren Massen über den Auffängerspalt. Jedesmal, wenn ein Ionenstrom auf den Auffänger trifft, zeichnet der Ionenstromschreiber eine trapezförmige Zacke auf den Registrierstreifen. Je größer der Ionenstrom ist, der dieser Masse entspricht, um so höher ist die Zacke; man kann also durch Ausmessen der Höhe der einzelnen Zacken das Verhältnis der einzelnen Massen, die in der Ionenquelle ionisiert worden sind, bestimmen. In Bild 5 ist das Massenspektrogramm einer organischen Verbindung wiedergegeben. Sollte die Analysenprobe bei Zimmertemperatur einen zu geringen Dampfdruck haben, so kann man eventuell das Kölbchen erhitzen, oder man trägt die Probe (z. B. bei Me-

tall- oder Gesteinsanalysen) auf einen Draht auf, der sich in unmittelbarer Nähe des Ionisator-kästchens befindet. Erhitzt man den Draht auf hohe Temperatur, so verdampft die Probe und läßt sich analysieren. Die für eine solche Analyse erforderliche Substanzmenge beträgt einige μg . Mit speziellen, für kleinste Substanzmengen entwickelten Ionenquellen kann man schon Analysen mit nur 10^{-14} g ausführen.

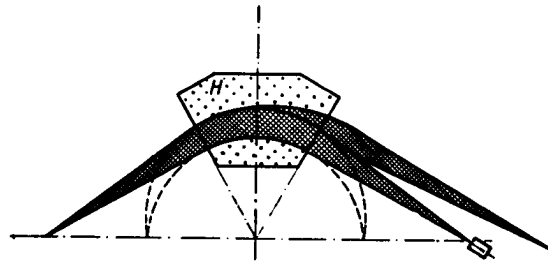


Bild 3: Zerlegung und Fokussierung eines Ionenstrahles in die einzelnen Massen mit Hilfe eines magnetischen Sektorfeldes, wie es in den heute verwendeten Geräten erfolgt

Die Anwendung des Massenspektrometers

Außer in der Technik als Analysengerät erfüllt das Massenspektrometer seit langem wichtige Aufgaben in der angewandten und der Grundlagenforschung. Im Jahre 1913 machte J. J. Thomson mit seinem Massenspektrometer die Entdeckung, daß sich viele stabile Elemente aus Mischungen chemisch gleicher aber massenmäßig verschiedener Atomarten — den Isotopen — zusammensetzen. So besteht z. B. der Wasserstoff aus 2 Isotopen, dem leichten und dem schweren Wasserstoffisotop, auch Deuterium genannt. Kohlenstoff und Stickstoff besitzen ebenfalls 2, Sauerstoff 3 und Eisen 4 Isotope. Aluminium ist ein Reinelement. Allgemein bekannt sind das häufige schwere Uranisotop 238 und vor allem das für die Atomenergiegewinnung wichtige, seltene, leichte Uranisotop mit der Masse 235.

Als Beispiel einer großtechnischen Anwendung der Massenspektrometrie sei die elektromagnetische Isotopentrennung erwähnt. Bevor die großen Anlagen zur technischen Isotopentrennung nach dem Prinzip der Diffusion fertiggestellt waren (1942 bis 1944), hatte man in den USA mit Hilfe von überdimensionalen Massenspektrometern (ähnlich wie in Bild 1) größere Mengen des spaltbaren Uranisotopes 235 getrennt und daraus Atombomben hergestellt, von denen dann zwei über Japan abgeworfen wurden. Das Gewicht der hierzu benötigten riesigen Separatoren (Trennungsanlagen) betrug 200 t. Man hatte mehrere Hundert von ihnen aufgebaut.

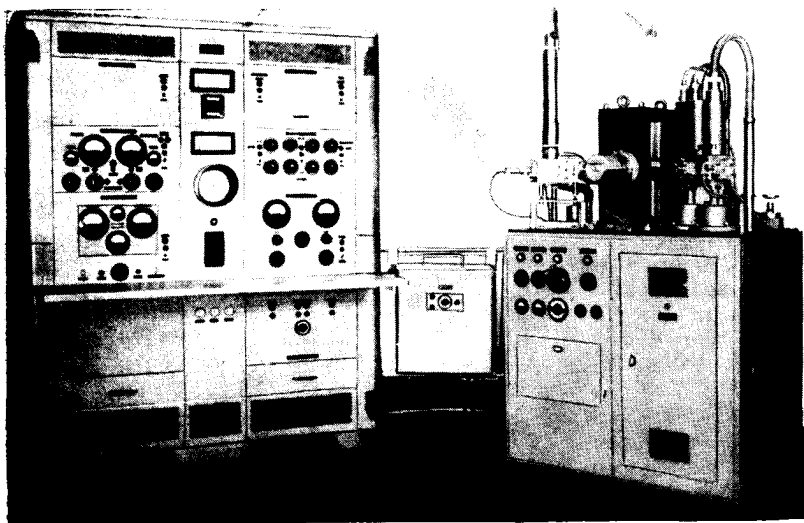


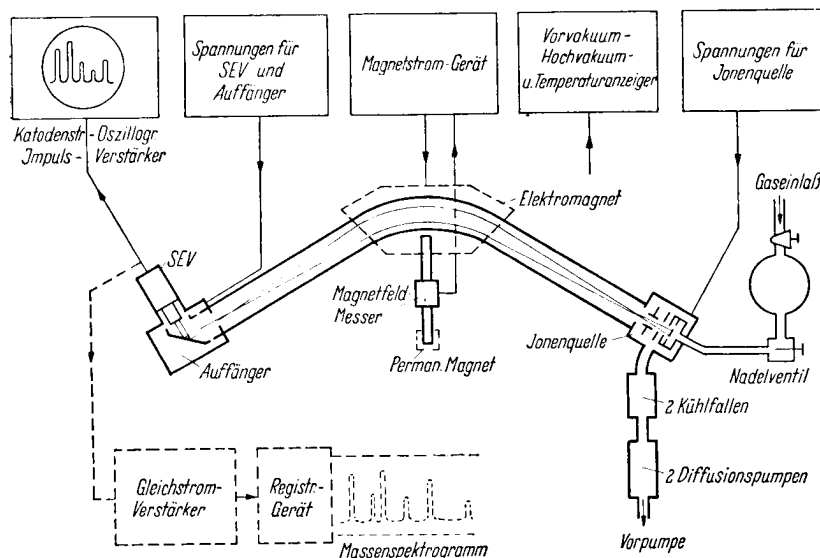
Bild 4: Gesamtansicht des Massenspektrometers der Deutschen Akademie der Wissenschaften, hergestellt im Inst. f. Gerätebau unter Leitung von Dr. F. Bernhard

sche Zusammensetzung haben (z. B. C_2H_5), kann man mit den üblichen Mitteln nichtentscheiden, welches Ende reagiert hat. Um diese Frage zu beantworten, muß man eine der beiden C_2H_5 -Gruppen irgendwie markieren, ohne daß hierbei die geringste Änderung im chemischen Verhalten auftritt. Man kann dies dadurch erreichen, daß man in einer der C_2H_5 -Gruppen die Stelle des Kohlenstoffatoms mit dem stabilen Kohlenstoffisotop 13 besetzt. In der Natur kommt auf 100 Kohlenstoffatome mit der Masse 12 nur eins mit der Masse 13. Daher beträgt das Molekulargewicht der markierten C_2H_5 -Gruppe nicht 29, sondern 31 Atomgewichtseinheiten. In dem Massenspektrum von Bild 5 würde also die Gruppe nicht bei der Masse 29, sondern bei 31 auftreten, und auf Grund der massenspektrometrischen Analysen kann man die Frage, welche der beiden Gruppen abgerissen wurde, eindeutig beantworten. Der große Vorteil der Markierung mit stabilen Isotopen gegenüber der mit radioaktiven Isotopen ist darin zu sehen, daß einmal keinerlei schädliche radioaktive Strahlung ausgesendet wird, und zum anderen sowohl die markierte Verbindung als

Inzwischen ist es gelungen, praktisch von jedem Element Reinisotope zu erzeugen. Man kann mit ihnen sehr interessante und wichtige Versuche machen. Während sich die Isotope eines Elementes chemisch ganz gleich verhalten, zeigen sie bei kernphysikalischen Untersuchungen u. U. große Unterschiede. So fängt z. B. das Borisotop 10 Neutronen ein, während das Borisotop 11 kaum mit Neutronen reagiert.

Mit Hilfe der reinen Isotope kann man auch bestimmte Molekülgruppen markieren. Darunter versteht man folgendes. Man möchte z. B. feststellen, welches Ende eines organischen Kettenmoleküles bei einer bestimmten Reaktion abgerissen wird. Da beide Enden die gleiche chemi-

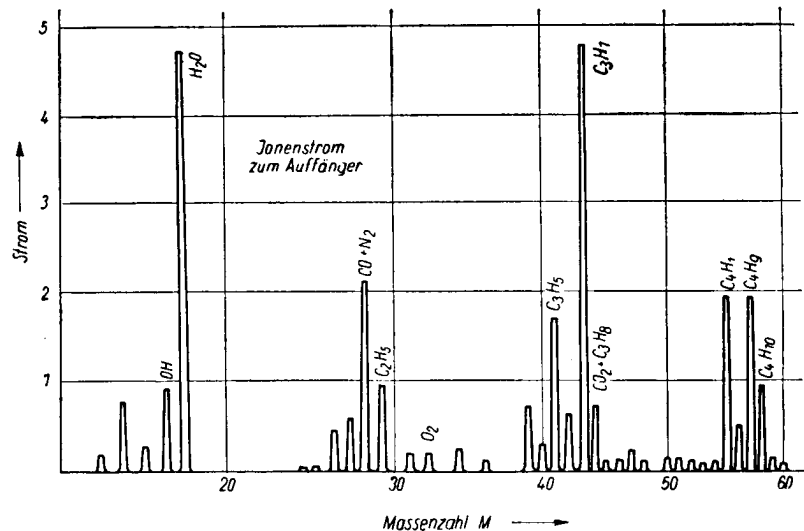
kieren, ohne daß hierbei die geringste Änderung im chemischen Verhalten auftritt. Man kann dies dadurch erreichen, daß man in einer der C_2H_5 -Gruppen die Stelle des Kohlenstoffatoms mit dem stabilen Kohlenstoffisotop 13 besetzt. In der Natur kommt auf 100 Kohlenstoffatome mit der Masse 12 nur eins mit der Masse 13. Daher beträgt das Molekulargewicht der markierten C_2H_5 -Gruppe nicht 29, sondern 31 Atomgewichtseinheiten. In dem Massenspektrum von Bild 5 würde also die Gruppe nicht bei der Masse 29, sondern bei 31 auftreten, und auf Grund der massenspektrometrischen Analysen kann man die Frage, welche der beiden Gruppen abgerissen wurde, eindeutig beantworten. Der große Vorteil der Markierung mit stabilen Isotopen gegenüber der mit radioaktiven Isotopen ist darin zu sehen, daß einmal keinerlei schädliche radioaktive Strahlung ausgesendet wird, und zum anderen sowohl die markierte Verbindung als



schon die Frage, welche der beiden Gruppen abgerissen wurde, eindeutig beantworten. Der große Vorteil der Markierung mit stabilen Isotopen gegenüber der mit radioaktiven Isotopen ist darin zu sehen, daß einmal keinerlei schädliche radioaktive Strahlung ausgesendet wird, und zum anderen sowohl die markierte Verbindung als

Bild 4 a: Schematischer Schnitt durch das Massenspektrometer

Bild 5: Massenspektrum, wie es typisch ist für die Mischung verschiedener Kohlenwasserstoffe. Die Höhen der Maxima der den einzelnen Massenzahlen zugeordneten Ionenarten sind ein Maß für ihre relative Häufigkeit in der Mischung und ermöglichen so eine quantitative Analyse



auch das Versuchsergebnis beliebig lange lagerfähig sind.

Die z. Z. empfindlichste Methode zum Auffinden von aller kleinsten Löchern in Vakuumanlagen beruht letzten Endes ebenfalls auf der Markierung mit stabilen Isotopen. Zum Beispiel treten in den Glaskolben und an den Einschmelzungen der Fernsehröhren geringste Undichtigkeiten auf, die die Röhre nach wenigen Wochen und Monaten unbrauchbar machen. Um diese kleinsten Kapillarrisie schnell finden zu können, schaltet man während des Auspumpens der Fernsehröhre in die Vakuumleitung ein kleines Massenspektrometer. Das Magnetfeld und die Beschleunigungsspannung sind so eingestellt, daß nur die Masse 4 – also Helium – auf den Auffänger fallen kann. Durch die feinen Undichtigkeiten dringt ständig eine sehr geringe Menge Luft ein, was vom Vakuummesser auch angezeigt wird. Das Auffinden der undichten Stellen nimmt aber erhebliche Zeit in Anspruch. Praktisch sofort dagegen findet man das Loch, wenn man die kritischen Stellen des Glaskolbens mit einem feinen Heliumstrahl befächelt. Die ständig durch die Undichtigkeit eindringende Luft ist an dieser Stelle durch die Beimischung von Helium markiert, und das auf die Heliummasse eingestellte Massenspektrometer zeigt einen Aus Schlag an.

Auf einem ganz anderen Gebiet der Naturwissenschaften, der geologischen Altersbestimmung, haben massenspektrometrische Messungen einen großen Fortschritt erbracht. Man wußte zwar schon lange, welche Gesteine älteren und welche jüngeren Datums sind, aber wirklich zuverlässige Zahlenangaben konnten mit geologischen Methoden allein nicht gemacht werden. Hier gelang es Physikern und Chemikern gemeinsam mit Geologen, Methoden auszuarbeiten, mit denen eine absolute Altersbestimmung aller geologischen Epochen mit erstaunlicher Genauigkeit möglich ist. Die Methoden beruhen auf der Tatsache, daß eine Anzahl von Elementen, vor allem

die schwersten, nicht stabil sind, sondern infolge ihrer Radioaktivität in andere – leichtere – Elemente übergehen. Ohne auf die Einzelheiten einzugehen, soll hier lediglich gesagt werden, daß sich infolge des radioaktiven Zerfalles z. B. das schwere Uranisotop 238 im Verlauf von 4,5 Milliarden Jahren zur Hälfte in das Bleiisotop 206 verwandelt und daß innerhalb von 0,7 Milliarden Jahren das leichtere Isotop 235 zur Hälfte in das Bleiisotop 207 zerfällt.

Nun ist die relative Häufigkeit eines Isotopes im allgemeinen für ein Element konstant und unabhängig von seinem Fundort und der chemischen Verbindung, in der es vorliegt. Diese Tatsache gilt für die vier Isotope des Bleis nicht immer. Mißt man mit einem Massenspektrometer die relative Häufigkeit der Bleiisotope, die aus einem garantiert uran- und thoriumfreien Erz stammen, so erhält man stets die gleichen Werte. Stammt dagegen die Bleiprobe aus einem Mineral, das Uran enthält, so zeigt das Massenspektrum um so höhere relative Häufigkeiten für die beiden Bleiisotope 206 und 207 an, je älter das Gestein ist. Aus der Zunahme der Häufigkeit dieser beiden Isotope kann man das Alter des Gesteins ermitteln.

An sehr vielen Proben durchgeführte Altersbestimmungen nach dieser Methode lieferten das interessante Ergebnis, daß für alle Gesteine der Erdkruste und in gleicher Weise auch für die aus dem Weltall kommenden Meteorite niemals ein höheres Alter als 4,5 bis 5,5 Milliarden Jahre festgestellt wurde.

Aus den wenigen hier angeführten Beispielen ergibt sich klar die große Bedeutung, die das Massenspektrometer auf vielen Gebieten der Wissenschaft und Technik erlangt hat.

Ing. H. K Ö P P E N, Berlin

Industrielles Fernsehen und seine Möglichkeiten

Seitdem es den Rundfunk gibt, hat es auch an Bemühungen nicht gefehlt, über den Rundfunk polytechnisches Wissen zu vermitteln. Sicher waren dabei auch gute Erfolge zu verzeichnen, wenn es gelang, den Lehrstoff durch das Wort allein klar zu vermitteln. Wo aber die Schwierigkeiten beginnen, hat jeder, der sich an solchen Lehrgängen einmal beteiligte, selbst bemerkt. Wenn es z. B. darum ging, Kunstwerke zu besprechen oder bei Experimentalvorträgen auf Details einzugehen, konnte neben dem gesprochenen Wort kaum auf Bild- oder Modellvorlagen verzichtet werden.

Ein Hilfsmittel war es, solche Vorlagen in Programmzeitschriften abzudrucken, und der Rundfunksprecher schlug dann die Brücke von seinem Wort zu diesen Vorlagen.

Weiter bemühte man sich darum, drahtgebundene und drahtlose Nachrichtenmittel zur Kontrolle von Produktions- und anderen Prozessen einzusetzen. Diese Bemühungen sind als „Dispatcher-Dienst“ bekannt geworden. In Verbindung mit Leuchtschaltwarten (Bild 1) ließ sich durch solche Einrichtungen die Produktion bis zur höchsten Stufe organisieren. Steigerung der Arbeitsproduktivität und verminderte Wartezeiten waren die sichtbaren Erfolge dieser besseren Arbeitsorganisation.

Zu allen diesen Möglichkeiten kommt nun das Fernsehen hinzu. Neben dem gesprochenen Wort vermittelt das Bild alles, was bisher im Dispatcher-Dienst fehlte.

Das Auge der Fernsehkamera dringt in die verborgensten Dinge ein. Es führt uns auf den Grund des Meeres, in die Schächte der Bergwerke, in die Welt der Mikroben, und es läßt uns das Wunder kosmischen Geschehens erleben. Dieses kommerzielle Fernsehen ist in den letzten zwei Jahren als „Industrielles Fernsehen“ zu einem fest umrissenen Begriff geworden.

Der Fernsehfunk wendet sich an alle. Jeder, der ein Empfangsgerät besitzt, ist in der Lage, das von zahlreichen Sendern ausgestrahlte Programm zu empfangen. Das industrielle Fernsehen geht jedoch andere Wege. Seine Aufgabe ist es, bestimmte Vorgänge aufzunehmen und einem begrenzten Interessentenkreis zuzuführen. Es fällt ihm zu, Vorgänge zu verfolgen, zu überwachen, die entweder außerhalb des normalen Sichtbereiches liegen oder deren unmittelbares Betrachten wegen der damit verbundenen Gefahr nicht möglich ist.

Im ersten Falle geht es darum, Vorgänge zentral zusammenzufassen, die sich gleichzeitig an verschiedenen Orten abspielen können. Denken wir z. B. an die Beobachtungen von Verhüttungsprozessen. Dabei läßt sich durch die Fernsehkamera die Ofenbeschickung, der Schmelzprozeß und der Schlackenfluß kontrollieren und steuern. Das gilt auch für die Überwachung großer, unübersichtlicher Rangieranlagen in den Tagebauen der Braunkohlengruben und in den Gruben unter Tage. Hier ergeben sich wirtschaftliche und öko-

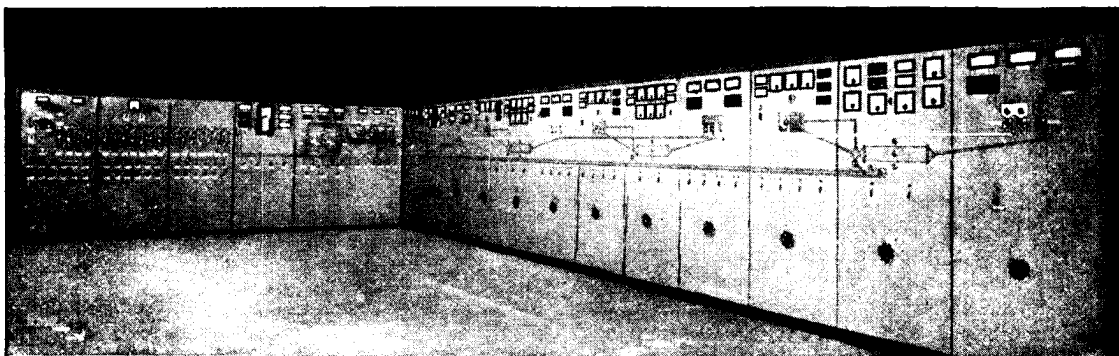


Bild 1: Leuchtschaltwarte zur Produktionsüberwachung

Bild 2: Anlage für industrielles Fernsehen des VEB Werk für Fernmeldewesen, Berlin

nomische Vorteile mit beachtlichen Auswirkungen.

Der zweite Fall bezieht sich auf die Beobachtung atomarer Vorgänge, die man wegen der radioaktiven Strahlung nicht unmittelbar verfolgen kann, oder wenn es gilt, die Zerreiß- und Druckfestigkeit bei Materialprüfungen zu kontrollieren sowie bei Untersuchungen im Hochspannungsfeld u. a. m.

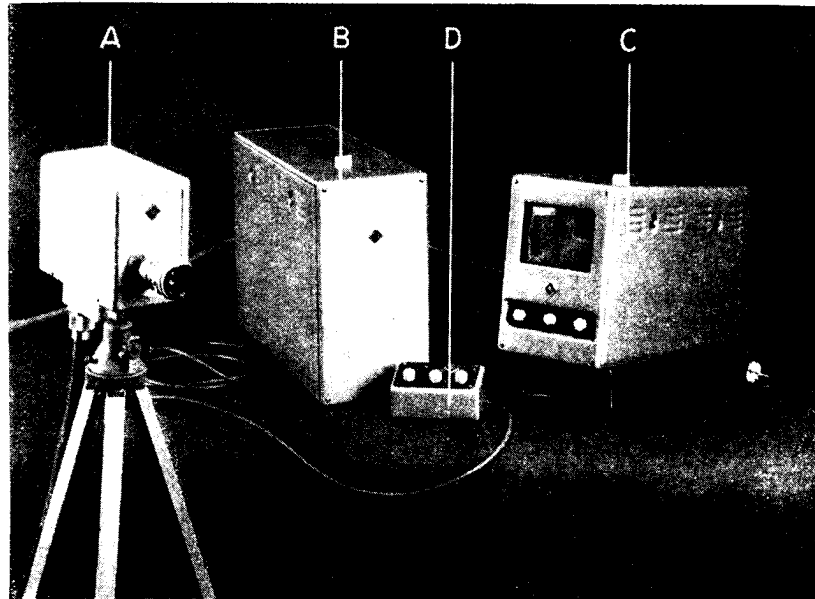
In allen Fällen verkürzt das industrielle Fernsehen den Ablauf bestimmter Arbeitsvorgänge und die Wartezeiten. Arbeitskräfte werden eingespart und die Sicherheit für Menschen und Arbeitsgut erheblich erhöht.

Wenn man irrtümlich geneigt ist, den technischen Aufwand des der Unterhaltung dienenden Fernsehfunks dem des industriellen Fernsehens gleichzustellen, dann fragt man, ob die entstehenden Kosten den Aufbau einer solchen Anlage auch rechtfertigen. Diese Frage kann man aber im allgemeinen bejahen, und zwar aus folgenden Gründen.

In den meisten Fällen handelt es sich bei dem industriellen Fernsehen nur um eine drahtgebundene Bildübertragung, außerdem kann man in vielen Fällen auf die Tonübertragung verzichten. Aber selbst dann, wenn die Tonübertragung hinzukommt, oder wenn eine drahtlose Übertragung notwendig wird — man verwendet in solchen Fällen Sender mit einer Leistung von 10 W —, bewegen sich die Kosten in erträglichen Grenzen.

Betrachten wir die zur industriellen Fernseh-anlage gehörenden Aggregate, die der VEB Werk für Fernmeldewesen, Berlin, herstellt (Bild 2).

A ist die Aufnahme-Kamera, deren Herz die Aufnahmeröhre ist. Das optisch aufgenommene Bild wird durch die Röhre in elektrische Signale umgewandelt, die verstärkt über das Kamera-kabel einem Betriebsgerät B zugeführt werden. Hier erfolgt eine weitere Verstärkung und die Umwandlung zu einem vollständigen Fernseh-bildsignal (Video-Signal). Von hier aus wird das Signal weitergeleitet über ein sogenanntes Ko-axial-Kabel (Breitbandkabel) zu einem oder mehreren Bildgeräten C.



Selbstverständlich lassen sich hier alle Varianten zusammenstellen, d. h., eine Aufnahme-Kamera, auch Fernauge genannt, kann für mehrere Bildgeräte arbeiten, oder mehrere Kameras lassen sich wahlweise auf ein einziges oder mehrere Bildgeräte schalten. Die gesamte Anlage wird von einem Steuerpult D aus bedient.

Die Einsatzmöglichkeiten des industriellen Fernsehens sind so mannigfaltig, daß man jeder Disziplin ein ausführliches Kapitel widmen könnte. Im folgenden soll deshalb eine kurze zusammenfassende Übersicht gegeben werden.

In modernen Kraftwerken wird die Feuerungs-anlage durch ein Fernauge überwacht. Das gleiche gilt für den Wasserstand und für die Rauchfahne der Schornsteine (Bild 3).

In Hüttenwerken läßt sich die Gießpfanne mit Hilfe eines Fernauges mit großer Sicherheit an den Gießtrichter herandirigieren. Allgemein bekannt ist, daß bei Großbauten oder bei Verlade-einrichtungen dem Kranführer oftmals der Blick für den Absatzort der Lasten entzogen ist. Durch ein geschickt angebrachtes Fernauge wird dieser Mangel behoben.

Vorteilhaft ist der Einsatz des Fernauges auch zur Verkehrsregelung, z. B. an einem belebten Verkehrsknotenpunkt, der in Verbindung mit den Verkehrsampeln von einer zentralen Kontroll-stelle überwacht wird. Selbstverständlich läßt sich diese Beobachtung auch auf einen ganzen Straßenzug ausdehnen. Die dabei verwendeten Apparaturen werden mit automatischen Blenden und Nachregelungen versehen, die sich nach den Lichtverhältnissen selbst einregeln.

Noch viele Möglichkeiten lassen sich anführen. Aber beschränken wir uns auf einen kleinen Ausschnitt, der im allgemeinen nicht so stark ins Auge fällt, aber doch von unschätzbarem Wert ist, dem Fernsehen in der Wissenschaft und Medizin.

Welch eine mühevollen Arbeit hat ein Forscher beispielsweise bei bakteriologischen Untersuchungen aufzuwenden, um im Okular des Mikroskops einen Erfolg zu erkennen, und welche Möglichkeiten eröffnet hier das Fernseh-Mikroskop! Eine Verbindung mit Mikroskop und Fernseh-Kamera erlaubt Vergrößerungen von 1:4000 bis 1:6000. Das vergrößerte Objekt (Bild 4) wird aber nicht nur von einem einzelnen, sondern es kann auf einer beliebigen Anzahl von Bildschirmen von Hunderten, ja von Tausenden betrachtet werden, und sollten so viele Augenpaare nicht mehr sehen als ein einziges?

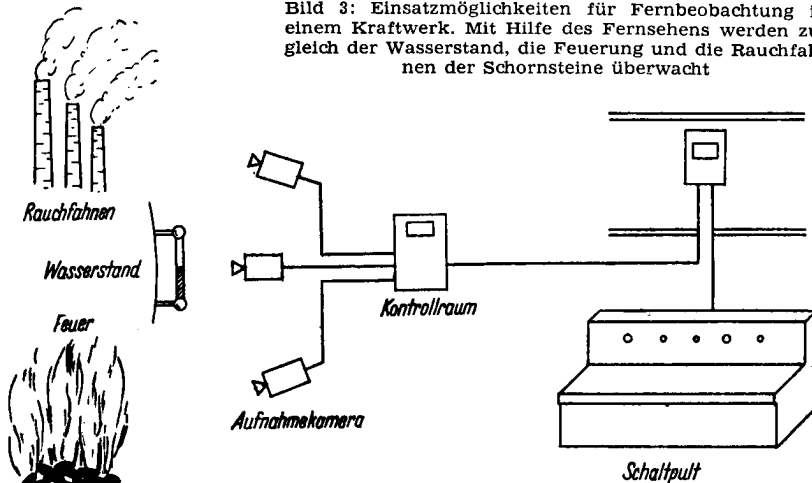
Bei der medizinischen Ausbildung kann normalerweise nur ein kleiner Kreis von Studenten



Bild 4: Kerntellung im Ei des Spulwurmes in 6000facher Vergrößerung auf dem Bildschirm eines Empfängers

den kunstfertigen Händen des Chirurgen folgen. Auch hier hat das industrielle Fernsehen einen Durchbruch erzielt. Ein in die Operationsleuchte eingebautes Fernauge sieht alle Bewegungen, die die Hand des Chirurgen ausführt, und überträgt sie auf eine beliebige Anzahl von Bildschirmen, an denen man den Verlauf der Operation verfolgen kann. Durch eine Mikrofonanlage werden die notwendigen Erläuterungen gegeben. Von einem zentralen Steuerpult aus läßt sich jeder gewünschte Bildausschnitt einregeln,

Bild 3: Einsatzmöglichkeiten für Fernbeobachtung in einem Kraftwerk. Mit Hilfe des Fernsehens werden zugleich der Wasserstand, die Feuerung und die Rauchfahnen der Schornsteine überwacht



und die Studenten erhalten damit einen musterhaften Anschauungsunterricht.

Diese Methode wird ebenso genutzt bei Augenbehandlungen, bei Sezierprozessen u. a. m. Da hierbei in den meisten Fällen ideale Beleuchtungsverhältnisse vorliegen, sind besondere Übertragungsvorbereitungen nicht erforderlich.

Ein anderes Anwendungsgebiet ist das Unterwasser-Fernsehen (Bild 5). Wenn man in den Geschichtsbüchern der Seefahrt blättert, ist man erstaunt darüber, welche ungeheuren Werte im Laufe der Jahrhunderte durch Schiffsuntergänge verloren gingen. Um nur wenige Beispiele herauszugreifen: Werte in Höhe von 20 Millionen Goldmark versanken 1912 mit der „Titanic“. Mit der „Laurentic“, die 1917 torpediert wurde, gingen Goldbarren von mehr als 100 Millionen Mark auf den Grund des Meeres. Etwa 12 Millionen konnten hiervon bis 1921 unter größten Anstrengungen aus 40 m Tiefe geborgen werden. Man kann diese Beispiele beliebig fortsetzen, Hunderte von Schiffen liegen in Tiefen, die von Tauchern durchaus noch erreicht werden könnten, deren Bergung möglich gewesen wäre, wenn man durch geeignete Hilfsmittel schneller, d. h. vor der Versandung bzw. Verschlickung, die Lage des Wracks genau hätte orten können, so daß die Hebearbeiten ohne Zeitverlust hätten durchgeführt werden können. Diese Hilfsmittel sind heute durch die Unterwasser-Schallortung und durch das Unterwasser-Fernsehen gegeben.

Wie sieht heute eine Wrackbergung aus? An der mutmaßlichen Stelle eines Schiffsunterganges führt man zunächst eine Unterwasser-Schallortung durch, die ohne Schwierigkeiten die genaue Lage des Wracks ermittelt. Nunmehr wird die Fernseh-Kamera auf den Meeresgrund gebracht. Sie zeigt die Lage des Wracks und klärt auch alle sonstigen Verhältnisse unter Wasser,

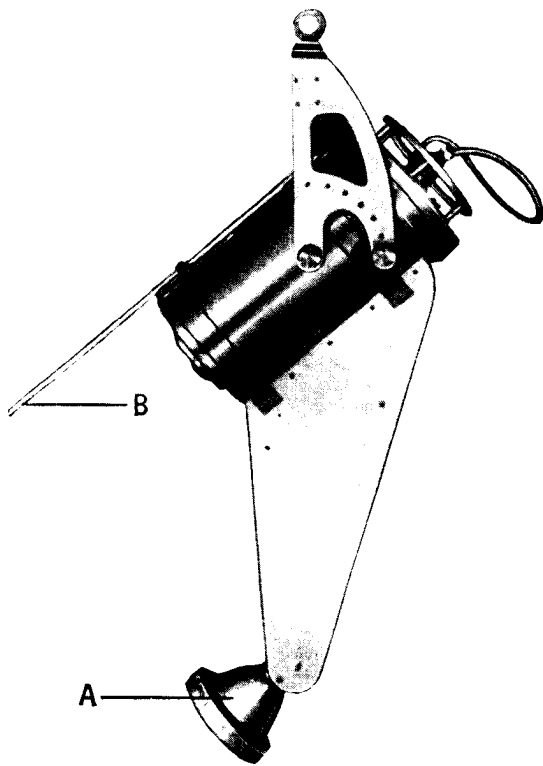


Bild 5: Fernsehkamera für Unterwasser-Beobachtungen, die bis in Tiefen von 900 m verwendet werden kann. A ist ein 250-W-Scheinwerfer, B ein Fühler von 4 m Länge, der die Kamera stets im erforderlichen Abstand vom Objekt hält.

deren Kenntnis für eine eventuelle Hebung notwendig ist. Alle diese Operationen lassen sich mit höchster Genauigkeit ausführen.

Im Bedarfsfalle wird auch die Umgebung des Liegeortes abgesucht. Man montiert in solchen Fällen die Kamera auf einen Schlitten, der über den Meeresboden geschleppt wird.

Welche Möglichkeiten eröffnet aber das Unterwasser-Fernsehen noch? Wieviel leichter, billiger und schneller stellt eine Unterwasser-Kamera Unterwasserschäden auch an schwimmfähigen Schiffen fest (Bild 6). Das gilt auch für Untersuchungen an Brückenpfeilern und Schleusentoren.

Die Fernseh-Kamera wird an den Schadensort herangeführt. Am Ort grenzt man den Fehler ein, die Ursachen und der Umfang des Schadens können ermittelt werden, und die Reparaturkolonne kann von vornherein genaue Anweisungen für die Beseitigung des Fehlers erhalten.

Auch bei der Aufklärung tragischer Unglücksfälle hilft die Unterwasser-Kamera. Vor nicht allzulanger Zeit wurde ein englisches Komet-Passagier-Flugzeug als vermißt gemeldet. Es

wurde vermutet, daß es in der Nähe der Insel Elba ins Mittelmeer abgestürzt sei. Mit Hilfe einer Unterwasser-Kamera gelang es tatsächlich, auf dem Meeresgrunde die Maschine zu finden.

Auch die Miniaturtechnik hat beim industriellen Fernsehen Eingang gefunden und hier gerade in letzter Zeit völlig neue Wege erschlossen.

Mit einem Miniatur-Vidikon von 13,5 mm Durchmesser und 90 mm Länge ist eine Bildaufnahmeöhre geschaffen worden, mit der die Innenwände von Bohrlöchern und enge Röhreninnenwandungen geprüft werden können.

Daraus ist für geologische Untersuchungen eine Bohrlochsonde entwickelt worden, mit der entsprechend der maximal zulässigen Länge des Kamerakabels in Bohrlöchern bis 400 m Tiefe die Bodenschichten untersucht werden können.

Mit Hilfe eines gegen das Kameraobjektiv um 90° versetzt angeordneten umlaufenden Spiegels, der noch eine zusätzliche Beleuchtungseinrichtung trägt, ist eine einwandfreie Beobachtung der Bohrlochwand möglich. Erwähnenswert ist hierbei noch, daß sich entsprechend dem Reflektionsvermögen der Wandungen die Helligkeit der Betrachterlampchen regeln läßt.

Für die sozialistische Wirtschaft eröffnen sich mit dem Fernsehen Möglichkeiten, deren Auswirkungen es zulassen, die ständig wachsenden

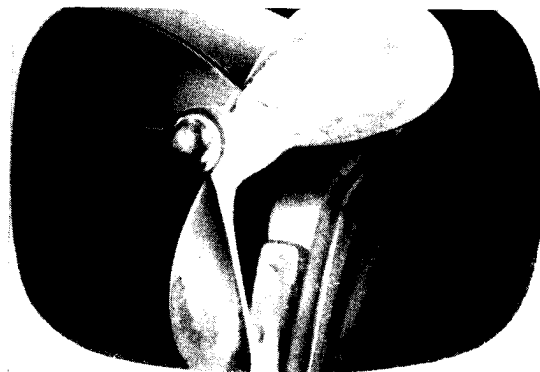


Bild 6: Untersuchung einer Schiffschraube mit Hilfe einer Unterwasser-Kamera

kulturellen und materiellen Bedürfnisse der Gesellschaft mehr und mehr zu befriedigen.

Auch in dem vor uns stehenden neuen technischen Entwicklungsabschnitt, der Mechanisierung, wird das industrielle Fernsehen eine bedeutende Rolle spielen. Im Verkehr zu Lande, zur See und in der Luft wird es zu erhöhter Sicherheit beitragen, und es wird in naher Zukunft kaum eine Disziplin der Technik geben, in der das industrielle Fernsehen nicht von Nutzen sein wird.



Für unser Bücherregal

Kleine Enzyklopädie „Technik“. Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1957. 841 Seiten, 700 Strichzeichnungen im Text, 80 Farbtafeln und eine mehrfarbige Karte. 12 × 18 cm. Lederin, 9,80 DM.

Der vorliegende Band „Technik“ der Kleinen Enzyklopädie ist für den Lernenden geeignet, sein technisches Wissen zu erweitern. Er hilft besonders dem Werktätigen, sich vielseitige wissenschaftlich-technische Kenntnisse anzueignen. Darüber hinaus ist der Band ein populärwissenschaftliches Nachschlagewerk, das auf viele Fragen Antwort gibt. Die Gliederung nach Sachgebieten, wie Bergbau, Verkehr, Textil usw., erleichtert das Zurechtfinden. Anerkannte Wissenschaftler haben als Autoren und Berater an diesem Werk mitgearbeitet. Diese Tatsachen machen das Buch zu einem zuverlässigen Berater in allen Fragen der Technik und bürgen für eine gründliche Information auf allen ihren Gebieten. Der Abschnitt VII im Teil „Verkehr“ ist z. B. der Raketentechnik und Weltraumfahrt gewidmet. Daß in diesem Abschnitt Informationen eines W. v. Braun verwendet werden, ist allerdings mehr als ein Schönheitsfehler. Offenbar hat das Lektorenkollektiv die diesbezüglichen Veröffentlichungen in der sowjetischen Fachpresse und in populärwissenschaftlichen Zeitschriften nicht gekannt. Das Leistungsniveau der Raketentechnik in der UdSSR wurde nicht erst durch die interkontinentale Rakete oder durch die künstlichen Erdsatelliten bekannt, aber sie sind ein weiterer überzeugender Beweis für das Können sowjetischer Konstrukteure und Wissenschaftler, deren Aussagen für dieses technische Lexikon durchaus hätten verwendet werden können.

Doch dieser Mangel schmälert nicht den Gesamtwert des Werkes, das im Bücherregal des technisch Interessierten nicht fehlen darf. te.

Der Goldbrunnen. Eine Sammlung alter deutscher Sagen und sagenhafter Erzählungen. Bearbeitet und herausgegeben von Harry Trommer. Petermännken-Verlag, Schwerin 1957. 336 Seiten, 16 farbige Bilder. 15 × 21 cm. Ganzleinen, 8,40 DM.

Wer bisher ein Buch mit Geschichten und Legenden aus dem Volksmund suchte, mußte es antiquarisch kaufen. Dem Petermännken-Verlag und Dr. Harry Trommer ist es zu danken, wenn uns heute „Der Goldbrunnen“ einen Teil des deutschen Sagenschatzes in seiner ganzen Schönheit und Mannigfaltigkeit neu erschließt. Historische und mythische Sagen wechseln mit Ritter-, Helden- oder Elbensagen in Poesie und Prosa. Für den aufmerksamen Leser wird die Begegnung mit Kobolden und Hausgeistern, Zwergen und Nixen, Gespenstern und Teufeln mehr sein als nur ein Entrücken von der Wirklichkeit. Sie wird ihn vertraut machen mit dem Gedankengut, den Sitten und Bräuchen der Menschen vor vielen hundert Jahren und ihm manche lehrhafte Moral erteilen. Daß die Sagen in ihrer sprachlichen Ursprünglichkeit erhalten blieben, kann ihren Wert nur erhöhen. Kleine Schwierigkeiten im Verständnis inzwischen ausgestorbener Wörter werden durch ent-

sprechende Worterklärungen am Ende des Buches behoben. Die farbigen Illustrationen von Herbert Bartholomäus sind für jung und alt interessant, so daß dem „Goldbrunnen“ ein großer Leserkreis zu wünschen ist. Stenze

Wünschelrute, Erdstrahlen und Wissenschaft. Von Prof. Dr. Otto Prokop. Urania-Verlag, Leipzig/Jena 1957. Lizenzausgabe vom Verlag Ferd. Enke, Stuttgart. 208 Seiten, 41 Bilder. 14,8 × 21 cm. Leinen, 9,80 DM.

Es ist einfach grotesk, daß im Zeitalter der Weltraumforschung und der Atomenergie mit den segensreichen Ergebnissen der Strahlenforschung in gewissen Ländern eine fröhliche Wiedergeburt okkultistischer Lehren und dunkelsten Aberglaubens einhergeht. Wenn in Westdeutschland Astrologie und andere naturwissenschaftlich getarnte Formen des Aberglaubens, wie die „heimnisvolle“ Radiästhesie, die Strahlenfähigkeit, offen ihr Unwesen treiben, so war es unbedingt notwendig, daß dieses Buch, von einer Arbeitsgemeinschaft westdeutscher Wissenschaftler gestaltet, wie eine Bombe in den Sumpf von verhängnisvoller Pseudowissenschaft und skrupelloser Geschäftemacherei einschlagen muß. Als Verfechter echter wissenschaftlicher Wahrheitsforschung erheben die Wissenschaftler ihre Stimme gegen die Wundergläubigkeit.

Unter den gesellschaftlichen Bedingungen Westdeutschlands kann sich, gefördert unter dem Einfluß einer mystizierenden Presse, die Wundergläubigkeit in Laienkreisen und sogar in Wissenschaftlerkreisen in erschreckendem Maße verbreiten, weil die Phrasen von Scharlatanen und Kurpfuschern eher geglaubt werden und leichter zu verstehen sind als die oftmals schwierigen, schwer zu erfassenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, die unbequeme Forderungen an das selbständige, kritische Denken stellen. In der DDR ist dagegen das Bestreben aller maßgeblichen Stellen darauf gerichtet, gegen jeglichen Irrglauben, Unkenntnis und Gutgläubigkeit ins Feld zu ziehen. Für die Aufklärung breiter Kreise unserer Bevölkerung und auch für Fachwissenschaftler stellt dieses Werk eine Fundgrube von Argumenten und Beweismaterialien dar.

Das Buch erfaßt in vorbildlich sachlicher Weise, jedoch oft mit einer leicht zu spürenden Prise Ironie gewürzt, kritisch abwägend, alle Seiten des Problems, historisch, geologisch, medizinisch, physikalisch, physiologisch, psychologisch, juristisch und statistisch. Um zu einem Gegenschlage ausholen zu können, werden Wünschelrute und Erdstrahlen einer gründlichen Analyse unterworfen, wobei in der Synthese exakte wissenschaftliche Widerlegungen dieser Pseudothesen und Praktiken gegeben werden.

Jeder Mensch – er braucht selbst gar nicht einmal der abergläubischen Schwatzerei erliegen zu sein – fühlt sich durch die Lektüre dieses Buches in seiner Einstellung zu den Wissenschaften gestärkt und hat vor allem Material zur Aufklärung seiner Mitmenschen erhalten; denn diese Gaukler verstehen es geschickt, die Neigungen zahlreicher Menschen zu mystischen und okkulten Vorgängen auszunutzen, um dunkle Geschäfte machen zu können, wie sie auch das Buch beschreibt.

Zur Vertiefung in das Problem ist eine ausführliche Literaturangabe vorhanden. Wer sich also umfassend informieren will über Wünschelrute und Erdstrahlen, der greife zu diesem Buch, das sich übrigens köstlich liest, bis auf einige für den Laien schwerverständliche Stellen, die aber den Gesamteindruck nicht schmälern. Jeder müßte dann am Ende zu der Schlußfolgerung kommen, die auf Seite 23 schon ausgesprochen wird: „Wir sind heute auf Wundererklärungen und mystische Deutungen nicht mehr angewiesen, wo uns die Naturwissenschaften klare Zusammenhänge aufweisen.“

Kramer